認知状態推定技術を利用した複数無人機の制御について

防衛装備庁　新世代装備研究所
AI・サイバーネットワーク研究部
指揮統制システム研究室

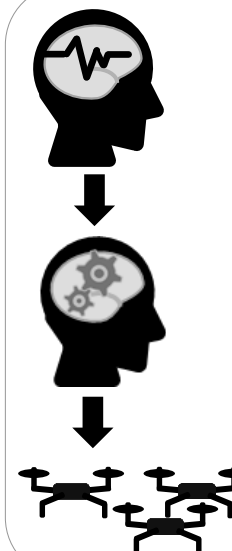
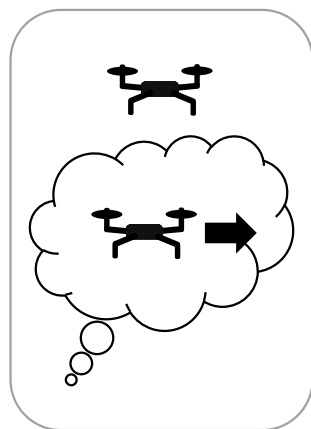
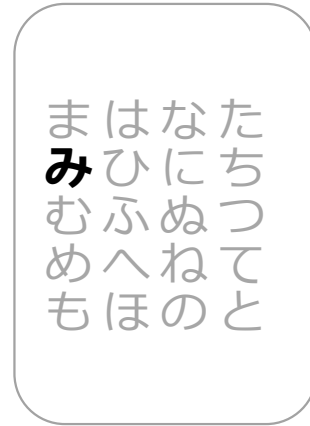
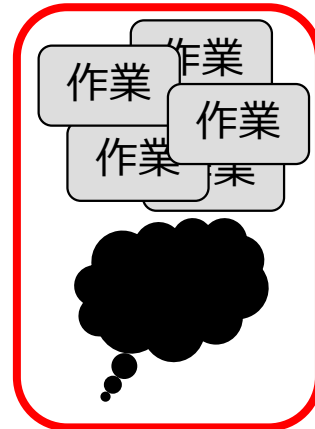
- 無人機／AIと人間の連携
- 認知状態推定の現状
- エラー認知を無人機／AIの学習にフィードバックする
- 検討状況
- まとめ

- 将来の装備品では自律飛行する無人機、指揮官の意思決定を支援するシステム等、隊員と連携するAIが想定されている。
- 隊員との連携をAIに学習させる際、人間の直感的な脳のはたらき（認知状態）をフィードバックすることで効率的・効果的な学習が可能と考えられている。

・ 以下の７分野で重点的にＡＩを活用
① **目標の探知・識別**
② **情報の収集・分析**
③ **指揮統制**
④ **後方支援業務**
⑤ **無人アセット**
⑥ **サイバーセキュリティ**
⑦ **事務処理作業の効率化**
・ ただし、**ＡＩの活用を上記７分野に限定する趣旨ではなく、まずは試行してみることも重要**
・ **ＡＩが行うのは人間の判断のサポート**であって、その活用に当たっては**人間の関与を確保**

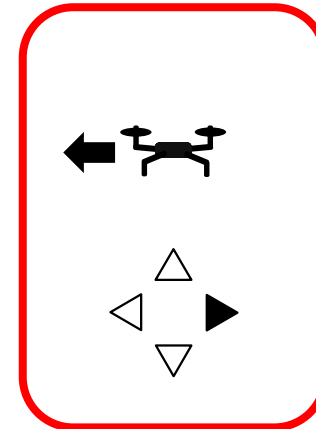
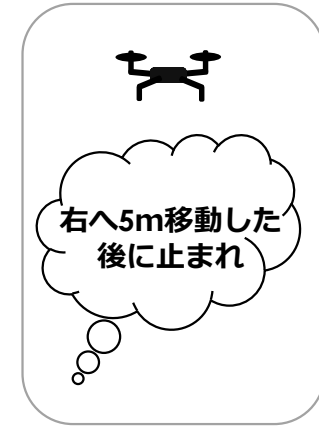
③指揮統制
複雑かつ高速に推移する戦闘様相に対応するため、警戒監視・情報収集により得られた情報の分析・見積・評価を踏まえた行動方針の導出にＡＩを活用し、ターゲティングの高度化や、指揮官に行動方針案を適時適切に提示することによる迅速な意思決定を支援する。

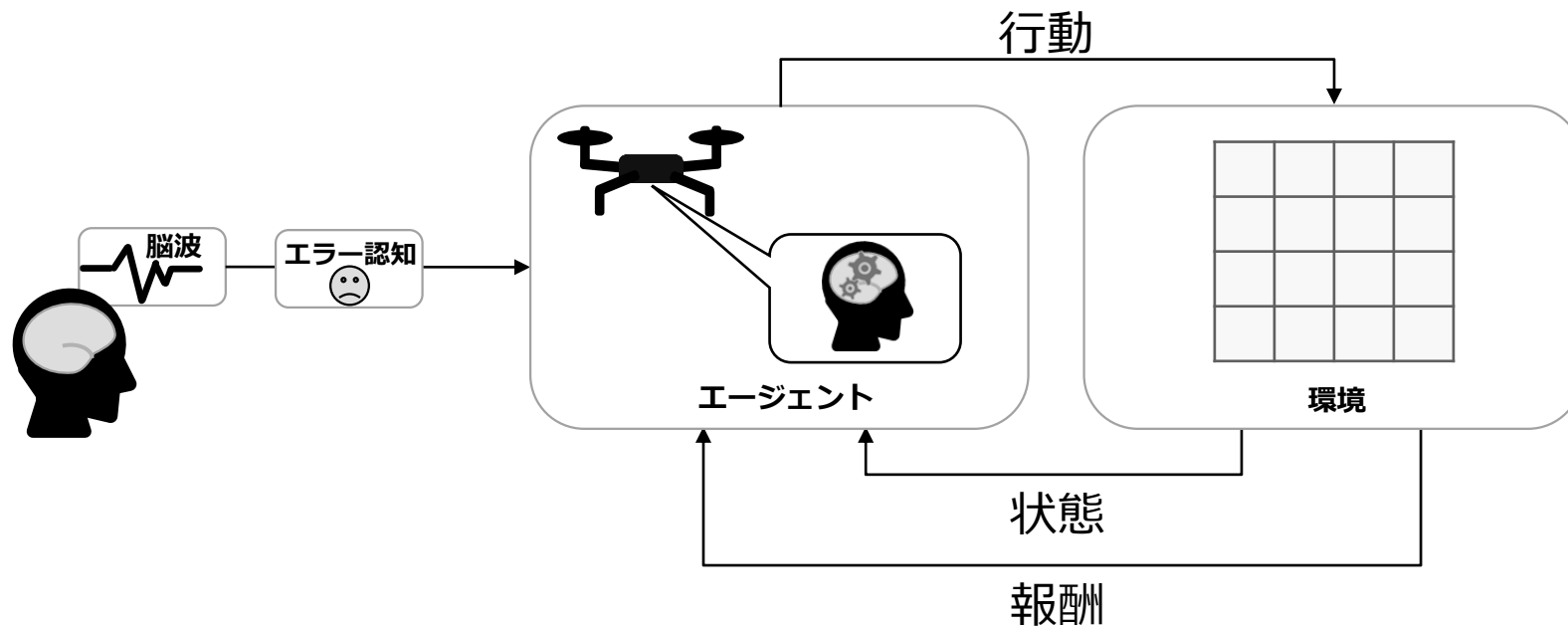
⑤無人アセット
無人アセットの機体制御や行動判断にＡＩを適用し、無人アセットの自律運用能力の向上や、有人装備と無人アセットの連携を図る。

出典:防衛省AI活用推進基本方針
https://www.mod.go.jp/j/press/news/2024/07/02a.html

様々な認知状態が生体信号から推定されている。

運動イメージ

特定の対象への
注目

作業が脳へ与える
負担
（ワークロード）

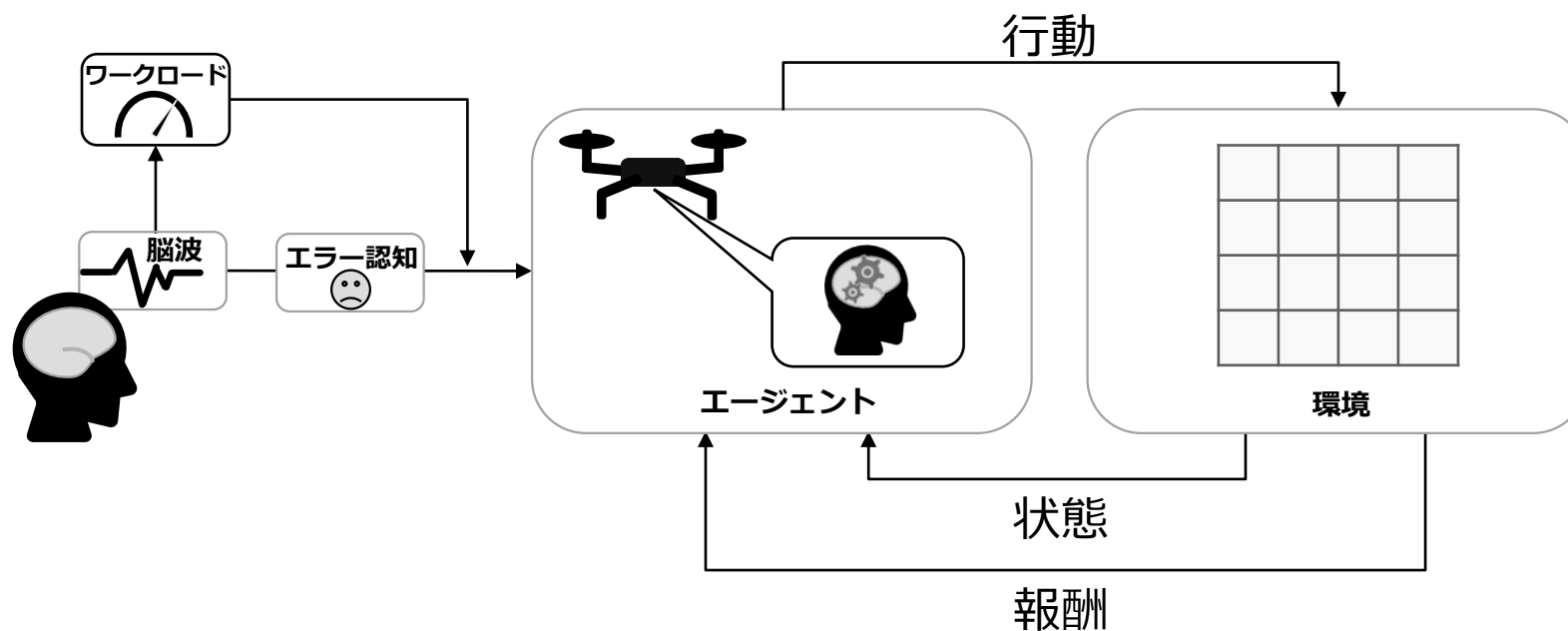
期待通り／
期待と異なる
（エラー認知）

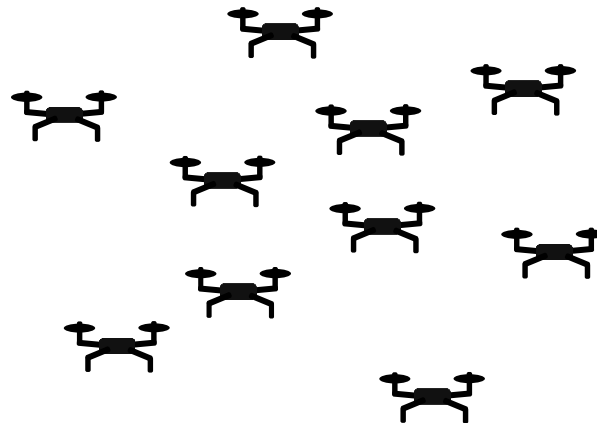
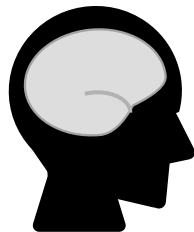
言語的思考

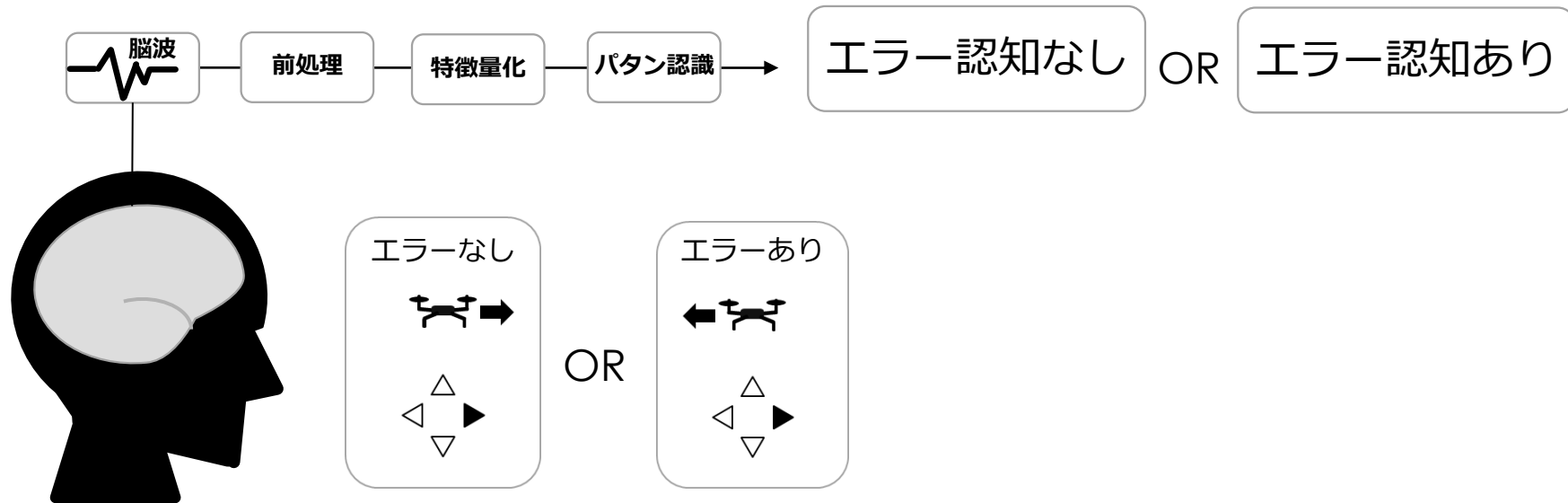
様々な認知状態が生体信号から推定されている。

本研究では推定対象としてエラー認知とワークロードに着目

エラー認知を無人機／AIの学習にフィードバックする

- 無人機/AIの自律的な行動の学習において、期待と異なる挙動に対する人間のエラー認知をフィードバック

エラー認知を無人機／AIの学習にフィードバックする

- 無人機/AIの自律的な行動の学習において、期待と異なる挙動に対する人間のエラー認知をフィードバック
- エラー認知は脳への負荷が高まると正常に機能しなくなるため、ワークロードを同時にモニタリング

検討状況

- 複数無人機制御への応用
  - １人のオペレータが複数の無人機を制御する場面を想定
  - １対１のヒューマン - マシンインタラクションよりもワークロードの管理や信頼形成などが困難と考えられている。
  - 人間の認知状態を学習に利用することで円滑なインタラクションを実現

検討状況

- 脳波からエラー認知に関する信号をリアルタイム検出する。

検討状況

- 脳波からエラー認知に関する信号をリアルタイム検出する。
- 極性、潜時、頭皮上分布等といった特徴の研究が進んでいる「エラー関連電位」を検出対象とした。

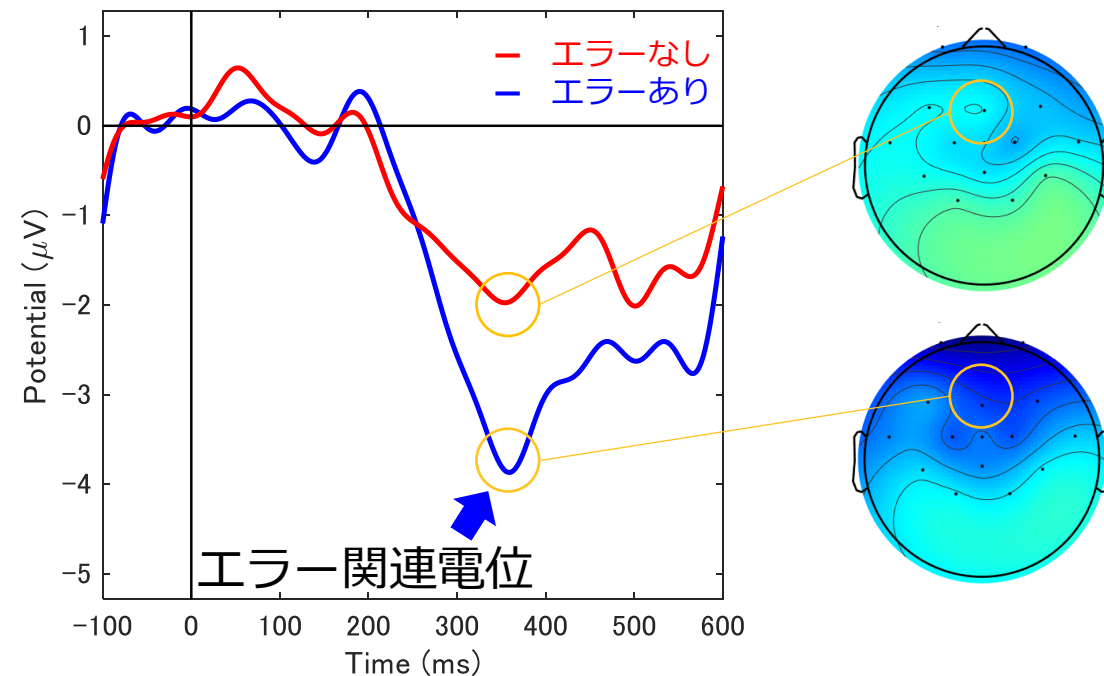
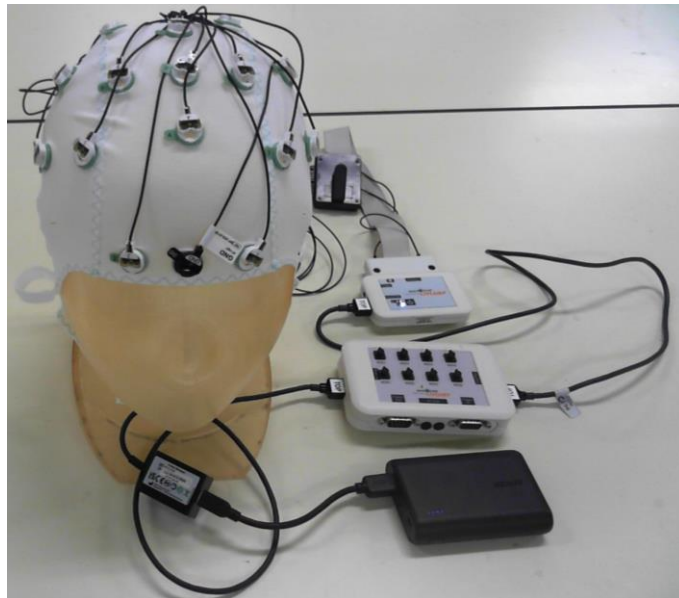
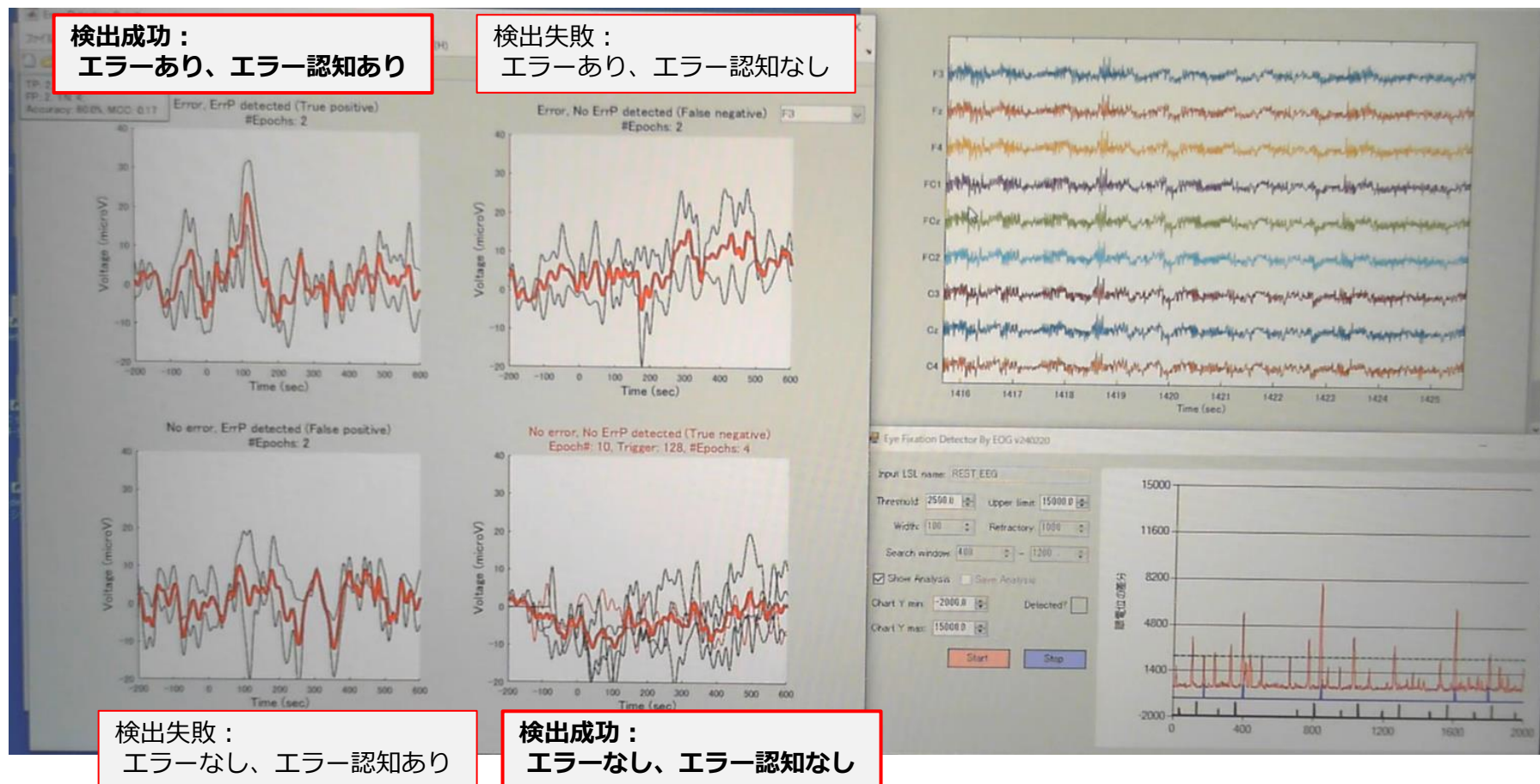
検討状況

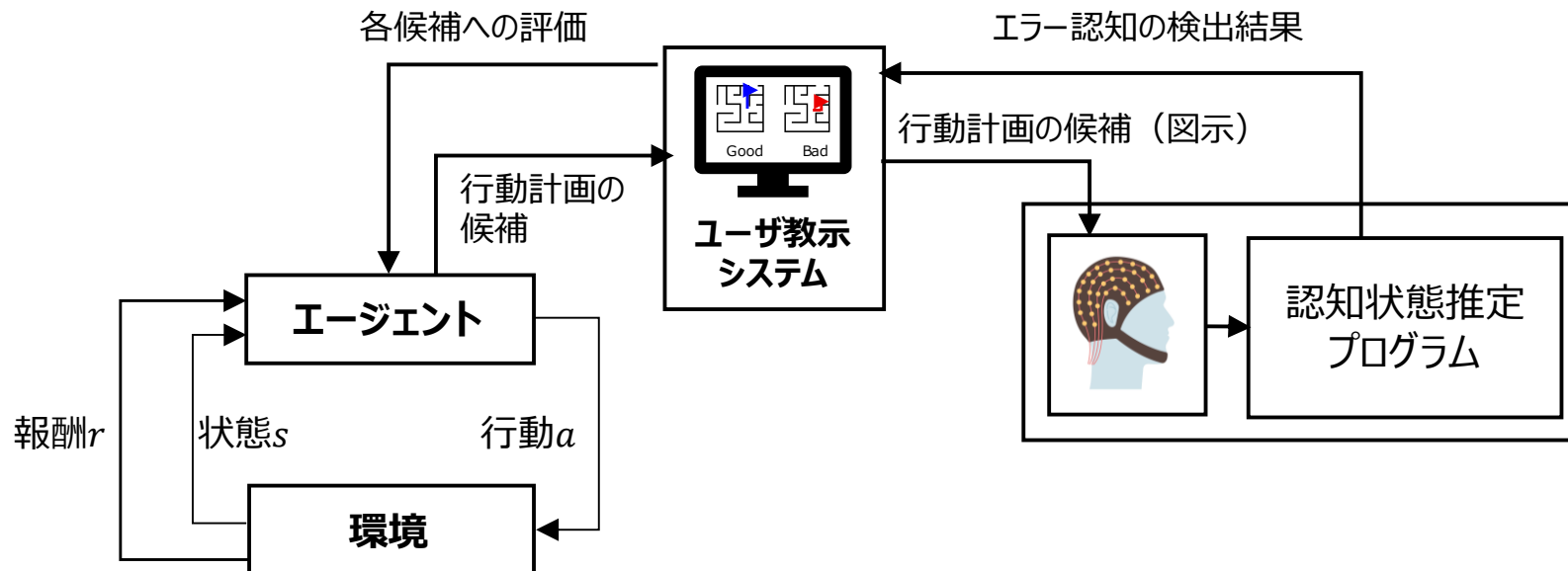
- 脳波からエラー認知に関する信号をリアルタイム検出する。

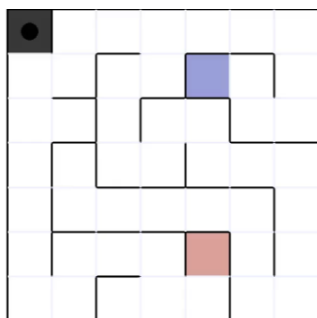
検出成功：
エラーあり、エラー認知あり

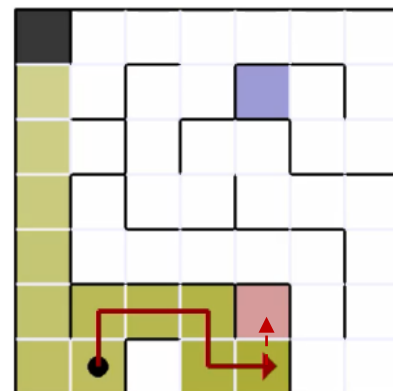
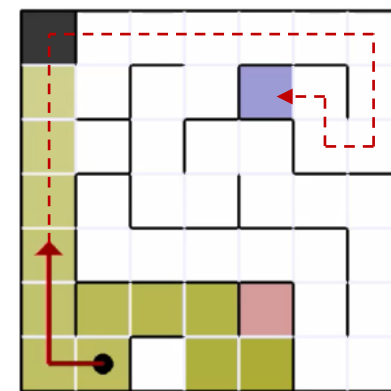
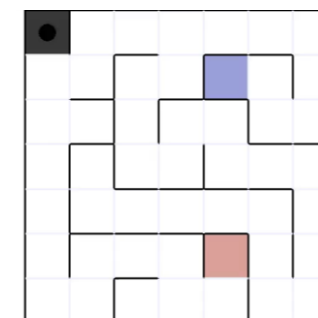
検出失敗：
エラーあり、エラー認知なし

検出失敗：
エラーなし、エラー認知あり

検出成功：
エラーなし、エラー認知なし

検討状況

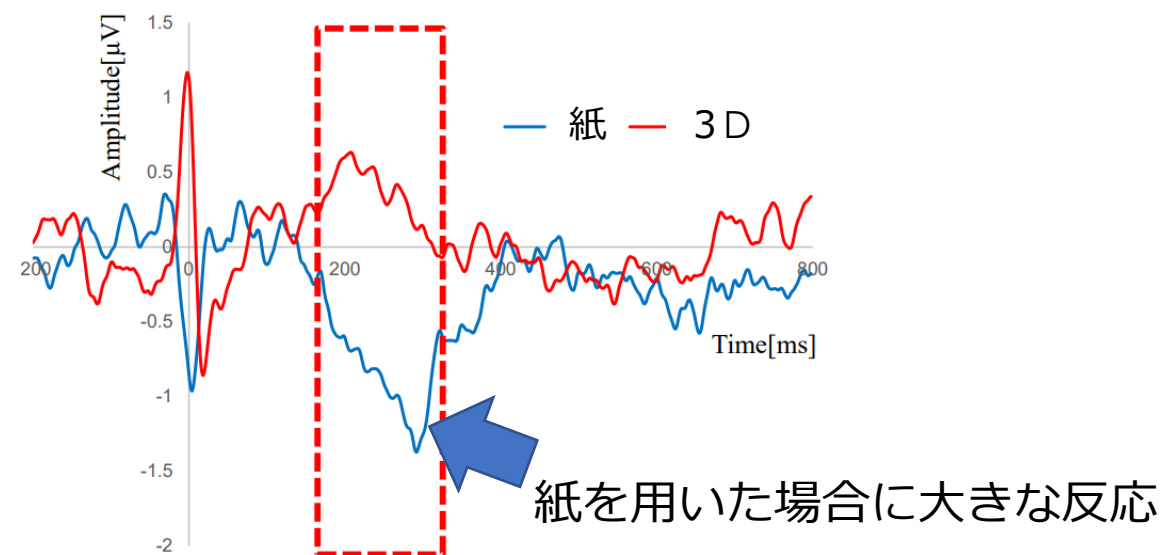
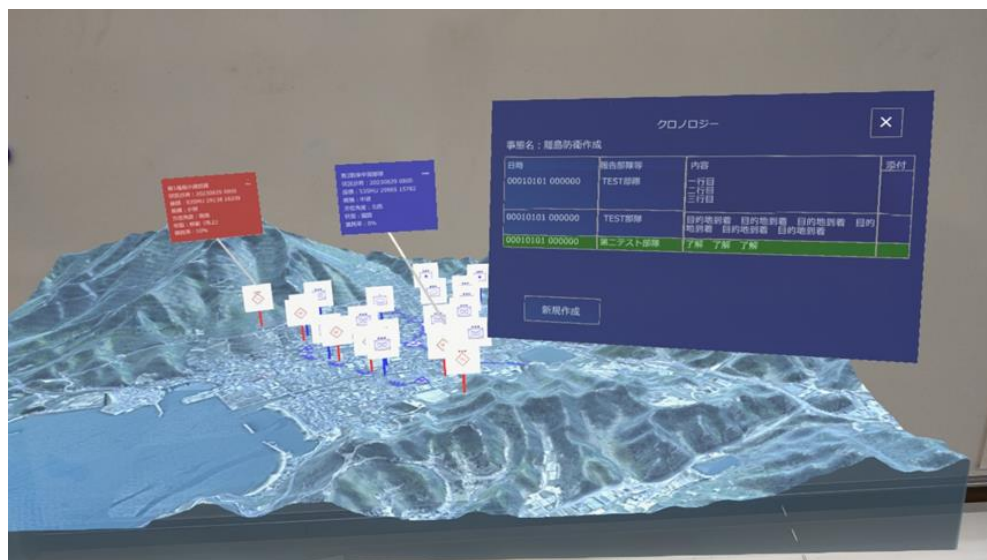
- AIの学習に対し、エラー認知をフィードバックする。
  - 行動計画を複数人間に呈示し、各行動計画に対するエラー認知の有無を推定

検討状況

- AIの学習に対し、エラー認知をフィードバックする。

フィードバック前
ランダム探索中に発見したゴールに
収束（青）

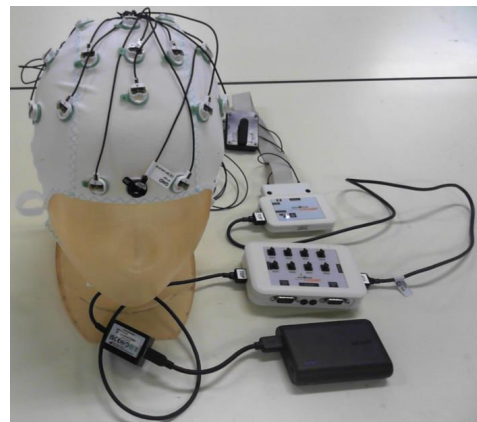
エラーなし

エラーあり

ユーザー教示システムによるフィードバック

フィードバック後
青ゴールへの接近に対する
エラー認知のフィードバックにより
赤ゴールに誘導

迷路探索において同じ報酬が得られる２つのゴールのうち、
人間が誘導したいゴールへ向かわせることができた

検討状況

- ワークロードのモニタリング
  - 模擬状況図を紙で見た場合と３Dで見た場合の比較等により、解析手法を検討中

事前に想定した通り、模擬状況図を３Dで見た場合と比較して、
紙で見た場合にワークロードがより大きい傾向が確認できた。

検討状況

- 現在取り組んでいる主な課題
- AIの学習に対する認知状態のフィードバックの高度化
  - フィードバック要求（エラー認知を参照するタイミング決定）の自動化
  - 新規技術の導入による学習の最適化
- 脳波計の小型化・軽量化

契約相手方提供資料より

まとめ

- 複数無人機の制御等、人間と連携するAIの学習に対し認知状態をフィードバックすることで、パフォーマンスの最大化を図る技術
- 成果の応用先はその他にも有人機－無人機連携や意思決定を支援する将来の情報システム等が考えられる。